VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 176
DIE STAATLICHE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSTÄTIGKEIT
VERÖFFENTLICHUNG Nr. 176

VERGLEICHENDE VERSUCHE ÜBER DIE EIGNUNG DER UMSETZBAREN ENERGIE UND DER NETTOENERGIE ALS GRUNDLAGE PRAKTISCHER FÜTTERUNG DES MILCHVIEHES

ILMARI POIJÄRVI

ZENTRALE FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG, ABTEILUNG FÜR HAUSTIERHALTUNG, TIKKURILA FINNLAND

SELOSTUS

VERTAILEVIA KOKEITA MUUNTOKELPOISEN ENERGIAN JA NETTOENERGIAN SOVELTUVUUDESTA LYPSYKARJAN KÄYTÄNNÖLLISEN RUOKINNAN PERUSTEEKSI

HELSINKI 1959

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 176
DIE STAATLICHE LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHSTÄTIGKEIT
VERÖFFENTLICHUNG Nr. 176

VERGLEICHENDE VERSUCHE ÜBER DIE EIGNUNG DER UMSETZBAREN ENERGIE UND DER NETTOENERGIE ALS GRUNDLAGE PRAKTISCHER FÜTTERUNG DES MILCHVIEHES

ILMARI POIJÄRVI

ZENTRALE FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG, ABTEILUNG FÜR HAUSTIERHALTUNG, TIKKURILA, FINNLAND

SELOSTUS

VERTAILEVIA KOKEITA MUUNTOKELPOISEN ENERGIAN JA NETTOENERGIAN SOVELTUVUUDESTA LYPSYKARJAN KÄYTÄNNÖLLISEN RUOKINNAN PERUSTEEKSI

HELSINKI 1959

Angekommen den 19. September 1959

Nach dem Ausland wird diese Veröffentlichung durch die Bibliothek der Zentrale für Landwirtschaftliche Forschung, Tikkurila, Finland erhältlich

Helsinki 1959. Valtioneuvoston kirjapaino

Inhalt

Einleitung

KELLNERS Stärkewert, ARMSBYS Therm und MØLLGAARDS Futtereinheit sind bekanntlich auf die Nettoenergie gegründete Nährwerteinheiten, die unter Anwendung ausgewachsener Rinder als Versuchstiere in mit einer Respirationsapparat oder mit einem Respirationskalorimeter ausgeführten sog. Differenzversuchen bestimmt worden sind. Die skandinavische Futtereinheit ist im Prinzip auch eine Nettoenergieeinheit, aber ihre Grundlage ist durch praktische Milch- oder Fleischproduktions-versuche erhalten worden. Bei diesen sind die Futtermittel in ihrer Wirkung auf die Reichlichkeit der Produktion miteinander verglichen worden. Als Einheit hat der Nährwert von 1 kg Gerste gegolten. Die gewonnenen Ergebnisse hat man jedoch später mittels Methoden geprüft, für die die Grundlagen aus den Ergebnissen der besagten Differenzversuche erhalten worden sind.

Der vor einigen Jahren verstorbene AXELSSON stand in seinen zahlreichen Veröffentlichungen (z. B. 1939, 1940 a, b, c, d, 1943, 1945, 1950, 1954) der Nettoenergie sehr kritisch gegenüber. Durch statistische Bearbeitung der Ergebnisse von KELLNERS, FINGERLINGS und MØLLGAARDS Respirationsversuchen vermeinte er nachgewiesen zu haben, dass die Differenzmethode keine zuverlässigen Resultate geben kann. Dies wäre nach ihm darin begründet, dass im Differenzversuch das notwendige Hinzufügen des Versuchsfutters zum Grundfutter entweder den Rohfaser- oder den Rohproteingehalt — vielleicht auch beides — verändert, was nach Axelsson eine solche Einwirkung auf die Resultate hat, dass sie unbedingt fehlerhaft werden.

Gegen seine Beweisführung haben viele Forscher, wie BREIREM (1943 a, b, 1944), JOHANSSON (1938), MØLLGAARD (1939), POIJÄRVI (1951) u. a. schwerwiegende Einwände erhoben. Trotz diesen blieb AXELSSON bei seiner ablehnenden Stellungnahme gegenüber der Nettoenergie.

Der Nährwerteinheit legte AXELSSON (1940 d) die umsetzbare Energie zugrunde, die ohne Differenzversuch bestimmt werden kann. Unter umsetzbarer Energie ist ja derjenige Teil der Bruttoenergie des Futters oder der Futterration zu verstehen, der übrigbleibt, wenn von ihr der den Körper als chemische Energie verlassende Teil abgezogen wird. Um die umsetzbare Energie zu ermitteln, sind also nur die Bruttoenergie des Futters sowie die Energie von Kot, Harn und vielleicht Darmgasen

zu bestimmen, und die drei letzgenannten von der Bruttoenergie zu subtrahieren. Wenn es sich um ein produktives Tier handelt, ist natürlich auch die Energie von Milch, Eiern usw. zu berücksichtigen.

Zu der umsetzbaren Energie gehört also auch die thermische Energie, unter der die Wärmemenge zu verstehen ist, die im Körper im Zusammenhang mit der Stoffwechsel frei wird. Nach der Auffassung AXELSSONS gereichte auch die thermische Energie in ihrer Gesamtheit dem Organismus zum Nutzen, so dass sie beim Bestimmen des Nährwertes der Futtermittel zu berücksichtigen wäre. Die Anhänger der Nettoenergie wiederum sind der Ansicht, dass nur derjenige Teil der thermischen Energie, der notwendig ist, um die normale Temperatur im Körper des Tieres aufrechtzuerhalten, für dieses von Nutzen sein könne. Der übrige Teil sei Energieverlust, der als überflüssig aus dem tierischen Organismus zu entfernen sei.

Da nun das Erhaltungsfutter schon in jeder Hinsicht, also auch in bezug auf die Wärme, den Ansprüchen eines unproduktiven Tieres genügt, kann diejenige thermische Energie, die aus der über das Erhaltungsfutter hinaus gegebenen — somit dem Produktionsfutter entsprechenden — Nahrung entsteht, für den Organismus nicht von Nutzen sein, sondern sie ist Energieverlust. Da man durch die Nettoenergie gerade die Nahrungswirkung der Futtermittel in der Produktion ausdrücken will, ist also die thermische Energie der Futtermittel den Energieverlusten ebensogut wie die in Kot, Harn und Darmgasen enthaltene Energie hinzuzufügen. (Nur die geringe Wärmemenge, deren es vielleicht bedürfe, um die über das Erhaltungsfutter hinaus gegebenen Futtermassen und das ihnen entsprechend zunehmende Trinkwasser auf Körpertemperatur zu erwärmen, könne von der thermischen Energie des Produktionsfutters unter gewissen Verhältnissen zum Nutzen gereichen.)

Selbst wenn die oben dargestellte Auffassung der Anhänger der Nettoenergie zutreffend wäre, liesse sich offenbar die umsetzbare Energie bei Bestimmung des Nährwertes der Futtermittel und der Futterrationen als Grundlage anwenden, wenn bei ihnen allen der Anteil der thermischen Energie an der Bruttoenergie gleich wäre. Vielleicht hat AXELSSON gedacht, dass es sich so verhielte, vorausgesetzt, dass die Futterrationen nach seinen Anleitungen balanciert werden. Ob es sich wirklich so verhält, darüber werden wir aus den später zu beschreibenden Versuchen Aufschluss erhalten.

Wie früher angeführt, gewann AXELSSON den Ausgangspunkt für die theoretischen Spekulationen, die er über die oben kurz besprochenen Fragen in weitem Umfange veröffentlicht hat, in den von anderen Forschern ausgeführten Respirationsversuchen. Dagegen hat er selber keine direkten Versuche mit Milchkühen angestellt, gewiss aber ein genaues System als Fütterung des Milchviehes nach seinen Theorien gegeben. Auch seine

Kritiker haben ihrerseits im allgemeinen keine praktischen Versuche mit Milchkühen zur Beleuchtung des Sachverhaltes angestellt. Sie haben nur die ihres Erachtens schwachen Stellen in der Argumentationskette AXELSSONs erwiesen. Soweit Tierversuche in diesem oder jenem Sinne ausgeführt worden sind, haben sie andere Haustiere betroffen. Nur ich habe (POIJÄRVI 1951) eine kurze vorläufige Mitteilung über Versuche mit Milchkühen in einem NJF-Kongressbericht veröffentlicht [1]). Auf ihrer Grundlage habe ich auf diesem Kongress einen Vortrag gehalten. Gegen ihn erhob AXELSSON der anwesend war, weder damals noch später Einwände.

Die vorläufige Mitteilung stützte sich nur auf einen Versuch. Über diesen und auch über einige andere Versuche wird im folgenden ausführlicher berichtet. Vor der eigentlichen Versuchsbeschreibung ist es jedoch notwendig, einige Angaben über die von AXELSSON gegebenen Anweisungen zur Anwendung der umsetzbaren Energie als Grundlage für die Fütterung der Milchkühe zu machen.

Das Futtereinheitssystem Axelssons und die darauf gegründeten Fütterungsnormen für Milchkühe

AXELSSON hat ein eigenes Futtereinheitssystem für Milchkühe und andere Wiederkäuer, da die verschiedenen Tiere dieselben Futtermittel und deren Nährstoffe mit verschiedener Intensität verwerten. Dessen Einheit ist 1 Futtereinheit für Wiederkäuer oder in der Originalsprache 1 foderenhet för idisslare (1 fe(i)). Diese Bezeichnung wird im folgenden angewendet.

Wie dem skandinavischen Futtereinheitssystem liegt auch dem Axelssonschen 1 kg Gerste oder richtiger die darin enthaltene Menge an umsetzbarer Energie zugrunde. Der Futtereinheitswert der übrigen Futtermittel richtet sich im System danach, wievel umsetzbare Energie sie im Verhaltnis zur Gerste enthalten.

In seinem Handbuch »Nötkreaturens utfodring och skötsel I und II» (Nordisk Rotogravyrs handböcker för jordbrukare, 1943) veröffentlicht er umfassende Futtertabellen, in denen bei jedem Futtermittel angegeben wird, wie viele fe(i) 1 kg Futter enthält. Ferner finden sich in ihnen Angaben über folgende Nährstoffgehalte: 1) Trockensubstanz-%, 2) verdauliches Rohprotein in %, 3) Rohfaser-%, 4) Kalzium-% und 5) Phosphor-%. Diese Angaben sind notwendig, damit die Futtergaben für das betreffende

[1]) Als diese Mitteilung zum Druck gegangen war, erschien eine Forschung von NORDFELDT (1959), in der u. a. gezeigt wird, dass es in der Fütterung der Milchkühe keine Rohfaseroptimum vorhanden ist, wie AXELSSON es vorausetzte. In den ausgeführten Versuchen hat der Rohfasergehalt in der Trockensubstanz swischen 14 % und 27 % wariert.

Tier nicht nur genügend reichlich angesetzt, sondern auch so »balanciert» werden könnten, dass sie AXELSSONS Normen entsprechen. Für das Milchvieh stellt AXELSSON die Normen in demselben Handbuch dar.

Aus der Tabelle Nr. 4 sind als Beispiel Futtermittel verschiedenen Typs im folgenden angegeben, für die die Futtereinheitswerte sowohl nach AXELSSON auf Grund der umsetzbaren Energie als auch nach HANSSON (1938) auf Grund der Nettoenergie berechnet worden sind.

	Nach AXELSSON	Nach HANSSON
Erdnusskuchen	1.04 FE [fe(i)]/1 kg	1.12 FE (sk)/1 kg
Hafermehl	0.87 » »	0.85 » »
Weizenkleie	0.89 » »	0.84 » »
Futterrüben	0.10 » »	0.08 » »
AIV-Futter (Klee-Gras)	0.15 » »	0.11 » »
Heu	0.65 » »	0.45 » »
Haferstroh	0.50 » »	0.28 » »

Der relative Nährwert der Kraftfuttermittel ist bei beiden Systemen beinahe gleich. Je füllender und schwerer verdaulich die Futtermittel sind, um die es sich handelt, um so mehr sind die Werte voneinander unterschieden. Nach AXELSSON ist der Nährwert derartiger Futtermittel gegenüber der Gerste viel grösser als nach dem skandinavischen oder nach dem MØLLGAARDschen Futtereinheitssystem. Dasselbe gilt auch für das Stärkewertsystem. Das ist bedingt durch die thermische Energie, die von AXELSSON als positiver Nährfaktor in Betracht gezogen wird. Je füllender, schlechter verdaulich das Futtermittel ist, das in Rede steht, um so grösser im allgemeinen ist derjenige Teil der umsetzbaren Energie, der die thermische Energie ausmacht.

Ein Einblick in die Normen AXELSSONS erhellt, inwieweit er gerade den genannten Sachverhalt berücksichtigt hat. Betrachten wir zunächst die Erhaltungsfutternormen.

AXELSSON teilt für den Erhaltungsfutterbedarf zwei Grenzwerte sowie den durchschnittlichen Bedarf mit. Wir nehmen letzteren als Vergleichsgrund und vergleichen ihn mit MØLLGAARDS wie auch mit meinen Normen.

Gewicht der Kühe	Erhaltungsfutterbedarf		
	AXELSSON fe (i)	Møllgaard F E (M)	POIJÄRVI FE (sk)
300 kg	3.73	2.69	2.49
350 »	4.11	2.99	2.84
400 »	4.47	3.26	3.19
450 »	4.81	3.52	3.51
500 »	5.13	3.79	3.78
550 »	5.45	4.03	
600 »	5.75	4.28	
650 »	6.05	4.51	
700 »	6.34	4.73	

Die Erhaltungsfutternorm ist bei AXELSSON über eine Futtereinheit grösser als nach MØLLGAARD wie auch nach meinen Zahlen. Da den Kühen als Erhaltungsfutter im allgemeinen verhältnismässig reichlich Strohfutter gegeben wird, erscheint ein so ausgerichteter Unterschied auch natürlich. Er gleicht zum mindesten teilweise das Überschätzen grober Futtermittel aus, das bei diesen gegenüber dem Nettoenergiesystem hervortritt.

Über den Futtereinheitsbedarf für die Milcherzeugung sagt AXELSSON, dass HANSSONS Norm, die 0.37 FE je 1 kg 4 %ige Milch betragt, niemals zu unterschreiten sei, aber unter günstigen Verhältnissen um 10 % überschritten, also entsprechend etwa 0.41 FE gegeben werden könne. — Da meine Norm 0.38 FE je 1 kg 4 %ige Milch ausmacht, empfiehlt AXELSSON, ungefähr ebenso viele eigene Futtereinheiten zu geben, wie ich an skandinavischen (oder Møllgaardschen) Futtereinheiten empfehle.

An verdaulichem Rohprotein sind nach AXELSSON der Kuh 75—83 g je als Erhaltungsfutter vorgelegte Futtereinheit (fe(i)) sowie 55—66 g oder durchschnittlich 61 g je von der Kuh produziertes 4 %iges Milchkilogramm zu geben. In dieser Hinsicht unterscheidet sich seine Auffassung nicht erheblich von den früheren. Für die geeigneten Rohfasermengen, denen er einen starken Einfluss auf die Verwertung der Futtermittel zuschreibt, hat er folgende Normen dargestellt:

4 %ige Milch je Kuh und Tag kg	Rohfaser in der Trockensubstanz %
0	29—34
5	28—33
10	25—30
15	22—27
20	20—25
25	18—23
30	17—22

Der Bedarf an Kalzium und Phosphor ist nach der Auffassung AXELSSONS sehr gross. Für Milchkühe hat er folgende Normen angeführt:

	Ca	P
Trockene Kühe (trächtig)	60— 75 g	38— 47 g
5 kg Milch »	60— 80 »	38— 55 »
5—10 » » »	70— 90 »	46— 63 »
10—15 » » »	80—100 »	54— 71 »
15—20 » » »	90—110 »	62— 79 »
20—25 » » »	100—120 »	70— 87 »
25—30 » » »	115—135 »	81— 98 »
30—35 » » »	130—150 »	92—109 »
35—40 » » »	145—165 »	103—120 »

Als Beispiel, was für eine Fütterung Axelsson empfiehlt, entlehne ich dem Buche »Nötkreaturens utfodring och skötsel» (S.247) ein Fütterungsvoranschlag, der auch in Finnland gut in Frage kommen könnte (Tabelle 1). Vergleichshalber habe ich für die Tabelle berechnet, zur Erzielung welcher Leistung die betreffende Fütterung auf Grund des skandinavischen Futtereinheitssystems und meiner eigenen Normen ausreichen würde. — Das Beispiel ist gewählt worden, weil darin als durchschnittliches Gewicht der Kühe 425 kg vorausgesetzt worden sind, welcherlei Kühe auch in Finnland reichlich vorkommen.

Tabelle 1.
Taulukko 1.

Nummer der Fütterungsgruppe	I	II	III	IV	V	VI
Leistung 4 %ige Milch	(1.0)	6.0	10.0	14.0	18.0	22.0
Nahrungsbedarf						
Futtereinheiten, fe (i) (Axelsson)	5.8	6.8	8.3	9.8	11.3	12.9
Verdaul. Rohprotein, kg	0.54	0.69	0.92	1.15	1.39	1.62
Futtermengen						
Mengekornstroh, kg	3.0	3.0	2.0	1.2	0.5	—
Klee-Timotheeheu, kg	6.0	6.0	7.0	7.0	7.5	8.0
A.I.V.-Futter, kg	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0
Rüben, kg	5.0	5.0	7.0	10.0	12.0	14.0
Kraftfutter, kg	—	0.3	0.7	2.0	3.0	4.0
Mononatriumphosphat, g	80	80	85	85	85	90
Kochsalz, g	20	25	30	35	40	45
Nährwert und Nährstoffgehalt						
Trockensubstanz, kg	8.9	9.6	10.5	11.6	12.9	14.4
Futtereinheiten, fe (i)	6.6	7.3	8.3	9.8	11.3	12.9
Verdaul. Rohprotein, kg	0.64	0.74	0.92	1.17	1.40	1.63
Rohfasergehalt d. Trockensubst. %	32.0	31.0	28.7	25.4	23.4	22.5
Kalzium, g	75	79	90	94	102	111
Phosphor, g	41	44	50	58	65	74
Ca : P	1.83	1.81	1.80	1.63	1.57	1.51
Nach Nettoenergie und Poijärvis Norm						
Futtereinheiten (sk) in Rationen	5.1	5.7	6.7	8.3	9.6	11.3
FE:n genügen für die Produktion von kg 4 %iger Milch	(1.5)	6.0	8.7	12.9	16.4	20.9

Ein Vergleich zwischen der ersten und der letzten Reihe der Tabelle erweist, dass Axelsson der Ansicht ist, man erhalte mit den Futtermitteln viel mehr Milch, als man bisher für möglich gehalten hat. Wenn die erste Futterration, die in reichlichem Masse Nahrung für den Fötus enthält, unberücksichtigt bleibt, sind die mit den Futterrationen zu erhaltenden Leistungen folgende:

	Nach AXELSSON	Nettoenergie POIJÄRVIS Normen
Mit der Futtergabe II erhält man	6.0 kg	6.0 kg
» » » III » »	10.0 »	8.7 »
» » » IV » »	14.0 »	12.9 »
» » » V » »	18.0 »	16.4 »
» » » VI » »	22.0 »	20.9 »

In beiden Fällen enthält die Milch 4 % Fett und behalten die Kühe ihre Kondition, nehmen an Gewicht weder zu noch ab. (Ein genauer Vergleich ist nicht möglich, weil das Kraftfuttergemenge nicht präzise angegeben ist.)

Die Frage, ob das Balancieren der Futterrationen ihren Nährwert wirklich so sehr verbessern kann, wie es aus dem obigen Beispiel hervorzugehen schiene, ist von grosser wirtschaftlicher Bedeutung. Wenn es sich wirklich so verhält, kann bei Befolgung des AXELSSONschen Systems mit den gleichen Futtermengen ein viel besseres Produktion als nach den früheren Normen, also nach den auf die Nettoenergie gegründeten Normen erzielt werden.

Zur Beleuchtung der Frage Führte ich 1944—45 zwei Fütterungsversuche aus, in denen die nach den alten, auf der Nettoenergie fussenden Normen zuerteilte Fütterung mit der, die nach den auf die umsetzbare Energie gegründeten Normen AXELSSONS gegeben worden war, bei Kühen verschiedener Produktionsstufe verglichen wurde. Ausserdem gibt ein früher angestellter Versuch (1925) die Möglichkeit, einen ähnlichen Vergleich vorzunehmen. Diese Versuche werden im folgenden beschrieben.

Milchproduktionsversuche zum gegenseitigen Vergleich des auf die umsezbare und des auf die Nettoenergie gegründeten Systems

D e r V e r s u c h R. n. I I I. 24 gehört zu einer Versuchsreihe, durch die seinerzeit der Nahrungsbedarf des finnischen Milchvieher untersucht wurde. Doch entspricht er durchaus auch den Anforderungen, die an einen Versuch zu stellen sind, durch den die Gültigkeit der auf die umsetzbare Energie AXELSSONS gegründeten Futtereinheitswerte und seiner Fütterungsnormen sowie die Gültigkeit der auf die Nettoenergie gestützten Futtereinheiten (sk) und der von Verfasser dargestellten Fütterungsnormen (POIJÄRVI 1925) miteinander verglichen werden.

Die im Versuche gegebenen Futtermittel wurden analysiert. Die Ergebnisse der Futteranalyse für diesen wie auch für zwei andere Versuche sind in der Tabelle (S.26) dargestellt. Unter Anwendung der durch die

3 8944—59/1, 73

Analyse und der aus den allgemeinen Futtertabellen erhaltenen Verdaulichkeitskoeffizienten wurden nach Hansson (1938) der Futtereinheitswert der Futtermittel und die Menge des verdaulichen Rohproteins berechnet. Die so ermittelten FE-Werte gründen sich also ziemlich genau auf die Nettoenergie der Futtermittel, obschon noch genauere Werte durch Berechnung nach Møllgaard erhalten worden wären.

Der Betrag der umsetzbaren Energie der Futtermittel wiederum wurde nach Axelsson (1940 d) berechnet und in seine Futtereinheiten (fe(i)) umgerechnet.

Bei diesem Versuch wurden die Kalzium- und Phosphormengen auf Grund von Tabellenwerten ermittelt. In den zwei folgenden Versuchen legte man sie chemisch fest.

Der Versuch war ein Gruppenversuch, der zwei Gruppen von je 6 Kühen betraf. Sie waren nach den üblichen Grundsätzen so gewählt worden, dass sie bei gleicher Fütterung eine gleiche Leistung abwarfen und ungefähr gleich viel wogen. Die tägliche Durchschnittsleistung der 30tägigen Vorbereitungszeit betrug bei der Gruppe I 13.98 kg 3.46 %ige Milch und bei der Gruppe II 13.86 kg 3.36 %ige Milch.

Die Fütterung wurde anfangs für beide Gruppen nach denselben Prinzipien oder also in skandinavischen Futtereinheiten und nach Verfassers Normen berechnet. Sie wurde nach je 10 Tagen dahin präzisiert, dass sie dem Nahrungsbedarf der Kühe entsprach. In den 10 letzten Tagen der Vorbereitungszeit erhielt Gruppe I 84.06 FE (sk) und 10.16 kg verdauliches Eiweiss und Gruppe II entsprechend 84.40 FE (sk) und 10.12 kg verdauliches Eiweiss.

In der Übergangszeit stellte man sich bei Gruppe II allmählich auf die den Axelssonschen Normen entsprechende Fütterung um. Das geschah dadurch, dass die 12.0 kg Rüben auf 4.5 kg herabgesetzt wurden. Danach war die durchschnittliche Tagesration der Gruppen folgende:

	Gruppe I	Gruppe II
Erdnusskuchen	0.50 kg	0.48 kg
Sojamehl	0.53 »	0.52 »
Weizenkleie	1.20 »	1.20 »
Hafermehl	2.47 »	2.46 »
Heu (hauptsächl. Timothee)	8.00 »	8.00 »
Haferstroh	1.00 »	1.00 »
Rüben	12.00 »	4.50 »
Kreidemehl	0.03 »	0.03 »
Futterphosphat	0.03 »	0.03 »
Futtereinheiten (sk)	9.11 »	8.47 »
Verdaul. Rohprotein	1 298 g	1 215 g

Aus der folgenden Zusammenstellung ist die Zulänglichkeit der Fütterung in bezug auf AXELSSONsche Futtereinheiten (fe(i)), verdauliches Rohprotein, Rohfaser, Kalzium sowie Phosphor ersichtlich. In ihr sind auch die AXELSSONschen Normen angegeben.

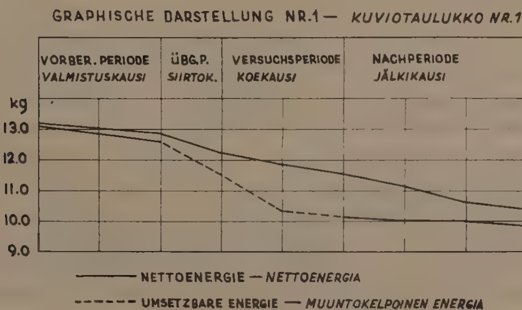
	Gruppe I	Gruppe II	AXELSSONsche Norm
Futtereinheiten [fe(i)]	11.21	10.42	10.26
Verdaul. Rohprotein, ...	1 298	1 215	1 140
Rohfaser der Trockensubstanz, %	25	25	23— 28
Kalzium (g)	69	67	80—100
Phosphor (g)	55	52	54— 57
Ca : P	1.3	1.3	1.4—1.5

Die Futterration von Gruppe II hat also den Normen AXELSSONS zimlich gut entsprochen, wenn die Futtermittel nach seinem System geschätzt werden. Nur die Kalziummenge ist geringer. Die Mineralstoffnormen AXELSSONS sind jedoch reichlicher, als im allgemeinen empfohlen worden ist. Ausserdem wäre die Wirkung, wenn die Kalziummenge so spärlich gewesen wäre, dass sie die Produktion beeinflusst hätte, bei den beiden Gruppen die gleiche gewesen.

Obgleich die Fütterung von Gruppe II auch noch nach der Verminderung der Rüben den Durchschnittsnormen AXELSSONS entsprach und auch sonst nach seinen Regeln balanciert war, begann die Milchleistung der Gruppe sogleich steil abzunehmen gegenüber der Gruppe, die eine auf die Nettoenergie und auf meine Normen gegründete Fütterung erhielt.

Am Ende der Übergangszeit wurden die Fütterungen beider Gruppen wieder so präziziert, dass sie den Leistungen entsprachen, wobei Gruppe II weiterhin nach den Normen AXELSSONS gefüttert wurde. Die steile Verminderung der Milchleistung setzte sich fort. Nachdem die eigentliche Versuchszeit auf diese Weise 20 Tage gedauert hatte, begann man auch der Gruppe II wieder eine Fütterung nach der Nettoenergie und meinen Normen zu erteilen. Die Leistung fing dann sogleich sich der von Gruppe I zu nähern, die während der ganzen Zeit reichlicher gefüttert worden war. Der Sachverhalt wird durch die graphische Darstellung Nr. 1 beleuchtet.

GRAPHISCHE DARSTELLUNG NR.1 — *KUVIOTAULUKKO NR.1*



Dem Obigen ist noch hinzuzufügen, dass die bei Gruppe I benutzte Fütterung keine Überfütterung gewesen ist, danach zu schliessen, dass die Tiere nicht an Gewicht zugenommen haben, sondern umgekehrt das durchschnittliche Gewicht der Gruppe um 2.9 kg sich vermindert hat. Die entsprechende Verminderung belief sich bei Gruppe II auf 7.6 kg, was seinerseits die Unzulänglichkeit der Fütterung erweist.

Der Milchproduktionsversuch Nr. 1 zur Untersuchung der auf die umsetzbare Energie gegründeten Normen war ebenfalls ein Gruppenversuch. Er umfasste drei Gruppen von je 6 Kühen. Anfangs wurden alle Tiere 30 Tage nach dem auf die Nettoenergie gegründeten FE-System und meinen Normen gefüttert. Aus der graphischen Darstellung Nr. 2 geht hervor, dass die Leistung aller Gruppen in jener Zeit so gut wie gleich war.

Nach Beendigung dieser vorbereitenden Periode ging man bei den Gruppen II und III während 5 Tagen allmählich zu einer neuen Fütterung über, die den Normen AXELSSONS entsprach und sich auf die auf Grund der umsetzbaren Energie abgeleiteten Futtereinheiten (fe(i)) stützte. Die Gruppe II erhielt jedoch eine so füllende Futterration, wie die Normen es zuliessen, die Gruppe III aber eine möglichst konzentrierte innerhalb der von den Normen gestatteten Grenzen. Eine derartige Fütterung setzte sich bis zum Ende der eigentlichen Versuchsperiode oder 30 Tage fort, wenn auch derart, dass die Fütterung nach je 10 Tagen so berichtigt wurde, dass sie dem Nahrungsbedarf der betreffenden Zeit entsprach. — Gruppe I war die Normalgruppe, der ständig die ursprüngliche, auf die Nettoenergie gegründete Fütterung gegeben wurde. Auch sie wurde jedesmal nach 10 Tagen so verändert, dass sie dem Bedarf entsprach.

Zu Beginn der eigentlichen Versuchsperiode waren die Futterrationen der verschiedenen Gruppen folgende:

	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
Sonnenblumensaatkuchen	0.85 kg	1.15 kg	1.48 kg
Weizenkleie	2.65 »	2.52 »	1.62 »
Hafermehl	2.65 »	1.03 »	3.08 »
Futterzellulose	— »	— »	1.00 »
Heu	8.00 »	9.00 »	6.00 »
Haferstroh	2.00 »	2.00 »	1.00 »
Futtereinheiten (sk)	8.69	8.00	8.70
Verdaul. Rohprotein	1 247 g	1 245 g	1 257 g

Die chemische Zusammensetzung der Futtermittel geht aus Tabelle Nr. 4 hervor.

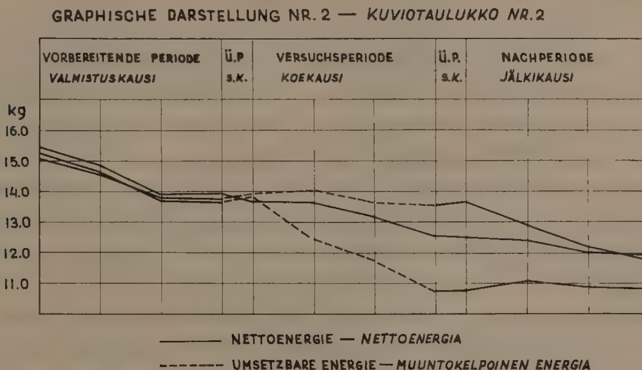
Um die Ca- und die P-Mengen möglichst gleich gross und den Normen AXELSSONS entsprechend zu erhalten, war den verschiedenen Gruppen eine verschiedene Mineralstoffergänzung zu geben. Gruppe I bekam 150 g

käufliches Futtersalzgemenge, Gruppe II 120 g Fütterungskalk (Ca 38.0 %) sowie Gruppe III 160 g Fütterungskalk + Dinatriumphosphat (P 10.7 %). Die kleinen Unterschiede, die in den Ca- und P-Mengen auch noch nach der Ergänzung bestanden, haben nicht auf die Versuchsergebnisse einwirken können. Das ist aus meinen übrigen Versuchen hervorgegangen.

Die folgende Zusammenstellung beleuchtet die Beschaffenheit der von den verschiedenen Gruppen zu Beginn der eigentlichen Versuchsperiode erhaltenen Futterrationen im Vergleich mit den Normen Axelssons. Auch der auf die Nettoenergie gegründete Futtereinheitswert (sk) ist in der Zusammenstellung angegeben.

	FE (sk)	fe (i)	Verd. Roh-protein	Rohfaser-% in Trock.-subst.	Ca	P
Nahrungsbedarf	8.83	10.13	1 224	23—28	80—100	54—57
Im Futter	8.69	10.52	1 247	25.5	100	67
Nahrungsbedarf	8.74	10.06	1 213	23—28	80—100	54—57
Im Futter	8.00	10.00	1 245	27.7	94	61
Nahrungsbedarf	8.66	9.96	1 196	23—28	80—100	54—57
Im Futter	8.70	9.92	1 257 [—38 [1]]	27.6	95	63

Aus der Zusammenstellung sowie aus der die Milchleistungen darstellenden graphischen Darstellung Nr. 2 geht folgendes hervor.



Gruppe I erhielt eine Fütterung, deren Futtereinheitswert (sk) ihrem Nahrungsbedarf ziemlich genau entsprach und die in etwas reichlicher Menge verdaulicher Rohprotein enthielt. — Nach Axelsson hätte die

[1]) 1 kg Zellulose entsprechend.

Gruppe eine beträchtliche Überfütterung erhalten, während Rohfaser-, Ca- und P-Menge seinen Forderungen gut entsprachen. Doch weist nichts auf Überfütterung hin. Das Lebendgewicht der Gruppe stieg nicht, aber ihre Milchleistung verminderte sich um eine Menge, die als wenigstens normal, vielleicht sogar etwas grösser angesehen werden kann, was sich dadurch erklären liesse, dass die Konzentration der Fütterung nicht ganz optimal gewesen ist.

Gruppe II bekam eine Fütterung, deren Gehalt an umsetzbarer Energie nach Axelsson genügend gewesen ist. Sie enthielt an fe(i) eine den Normen ungefähr entsprechende Menge. Ihre übrigen Eigenschaften entsprachen seinen Forderungen. Trotzdem bekann die Milchproduktioh der Kühe schnell abzunehmen. Das setzte sich bis zum Ende der eigentlichen Versuchsperiode fort, als der Leistungsunterschied 1.9 kg 4 %ige Milch ausmachte. Dagegen blieb das Lebendgewicht der Gruppe unverändert. Die Verminderung in der Produktion erweist jedenfalls, dass die Gruppe nicht genügend Nahrung erhalten hat. — Ein derartiges Ergebnis war zu erwarten, wenn die Nettoenergie der Beurteilung zugrunde gelegt wird. Davon erhielt die Gruppe bedeutend weniger, als meine Normen voraussetzen. Aus diesem Grunde schon war das Abnehmen der Produktion zu erwarten. Sie wurde auch dadurch gefördert, dass die Konzentration des Futtergemenges viel geringer als die der von der Normalgruppe erhaltenen Fütterung war.

Gruppe III erhielt eine den Normen so gut wie genau entsprechende Menge an umsetzbarer Energie, fe(i). An Nettoenergie bekam sie sogar etwas mehr als die durch die Normen vorausgesetzte Menge. Ein derartiger Fall ist also möglich, wenn die Fütterung sehr konzentriert ist. Aus einer derartigen Futterration resultiert ein so geringer Wärmeverlust, dass sie durch Axelssons reichliche Menge an Erhaltungsfutter ausgeglichen oder sogar überschritten wird. Dieses ist ja viel grösser als die auf Grund der Nettoenergie empfohlene Erhaltungsfutternorm (vgl. S. 8). Die Milchleistung von Gruppe III war denn auch reichlicher als die der Normalgruppe. Dagegen blieb das Lebendgewicht unverändert. — Die Zunahme der Milchleistung beruhte in diesem Falle offenbar auch darauf, dass die Konzentration der Futterration der Gruppe am grössten war. Das Einbeziehen von Futterzellulose in die Futtergabe steigerte die Rohfasermenge so viel, dass sie der von Axelsson dargestellten oberen Grenze sehr nahe kam. Infolge der guten Verdaulichkeit der Zellulose war die Konzentration dennoch am grössten.

In der Nachperiode, die 30 Tage dauerte, wurden alle Gruppen wieder nach denselben Prinzipien, auf die Nettoenergie gegründet, gefüttert. Auch jetzt wurde die Fütterung nach je 10 Tagen nach der jeweiligen Milchleistung und dem jeweiligen Lebendgewicht neu berechnet. Die Folge

davon war, dass die Leistungen der Gruppen aufs neue einander zu nähern begannen. Die Leistung von Gruppe II stieg etwas, und die von Gruppe III verminderte sich. Die Gruppen an sich waren also gleichwertig geblieben.

Der Milchproduktionsversuch Nr. 2 zur Erforschung der auf die umsetzbare Energie gegründeten Normen wurde ebenfalls ursprünglich als Gruppenversuch angestellt, der zwei Gruppen von je 6 Kühen umfasste. Doch blieben die Gruppen bei diesem Versuch nicht bis zu seiner Vollendung gleichmässig, sondern Krankheitsfälle machten sie ungleichwertig. Daher wird das Ergebnis nur für die Versuchsgruppe berechnet, die eine abwechselnd auf Nettoenergie und auf umsetzbare Energie gegründete Fütterung erhielt. Mit ihr, kann man aussagen, ist ein Periodenversuch angestellt worden. Dabei war die Reihenfolge der während der verschiedenen Perioden angewandten Fütterungsweisen folgende: Nettoenergie — umsetzbare Energie — Nettoenergie.

Die Perioden waren gleich lang, jede dauerte 20 Tage. Zwischen sie waren 15tägige Übergangs- und Gewöhnungsperioden eingeschaltet. — Auch bei diesem Versuch wurde die Fütterung jeder Kuh je nach 10 Tagen so richtiggestellt, dass sie der gleichzeitigen Leistung und dem gleichzeitigen Lebendgewicht entsprach. (Die Übergangsperiode dauerte 5 Tg, und nach ihrer Beendigung wurde die Fütterung auch präzisiert.)

Die durchschnittliche Fütterung während derjenigen 20tageperioden, aus denen auch die zu vergleichenden Leistungen herrühren, geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor. (Die Zusammensetzung der Futtermittel während der Perioden ist in Tabelle Nr. 4 dargestellt.)

	1. Periode	2. Periode	3. Periode
Sonnenblumensaatkuchen	0.44 kg	0.69 kg	0.20 kg
Weizenkleie	3.53 »	3.20 »	4.11 »
Hafermehl	1.00 »	0.93 »	1.00 »
AIV-Futter (Klee-Gras)	10.88 »	8.68 »	4.90 »
Heu	8.00 »	6.90 »	7.75 »
Haferstroh	1.50 »	0.40 »	0.50 »
Futtereinheiten (sk)	8.84	7.85	8.00
» [fe(i)]	11.29	9.75	10.21
Verdaul. Rohprotein	1 251 g	1 186 g	1 131 g

Bei diesem Versuch erfolgte die Fütterungsänderung, die beim Übergang zu der Fütterung, die nach den auf die umsetzbare Energie gegründeten Futtereinheiten [fe(i))] berechnet wurde, durch Verminderung aller Futtermittel, nur nicht des Ölkraftfutters, das, um genügend Protein zu erhalten, etwas zu vermehren war. Während der dritten Periode beendigte das A. I. V.-Futter, so dass man damals leider nicht zu der ursprünglichen Fütterung zurückkehren konnte.

Während der mittleren Periode betrug die Milchleistung der Gruppe durchschnittlich 12.85 kg Milch mit 3.82 % Fett. Auf 4 %ige Milch umgerechnet, belief sie sich auf 12.57 kg. Gleichzeitig machte das durchschnittliche Gewicht der Kühe 454.4 kg aus. In der folgenden zusammenstellung sind ihr nach den AXELSSONschen Normen berechneter Nahrungsbedarf sowie die tatsächlich im Futter enthalten gewesenen Mengen angegeben.

	Nahrungsbedarf	Im Futter
Futtereinheiten [fe(i)]	9.75	9.73
Verdaul. Rohprotein	1 137 g	1 186 g
Trockensubstanz	—	11.70 kg
Rohfaser	—	3.28 »
» in Trockensubstanz	23.5—28.5 %	28.0 %
Kalzium	80—100 g	128 g
Phosphor	54— 71 »	64 »

Die Fütterung hat also in der mittleren Versuchsperiode den Axelssonschen Normen gut entsprochen. Zwar ist das Kalzium etwas reichlich gewesen, aber das hat gewiss keine Beeinträchtigung bedeutet, da zur Fütterung auch etwas A. I. V.-Futter gehört hat, und um dessen Säureradikale zu neutralisieren, wurde der Überschuss gegeben. — Der prozentuale Anteil der Rohfaser ist beinahe an die obere Grenze der Norm gefallen. Das lag am Rohfasergehalt des Heues, der höher als etwartungsgemäss war (vgl. Tabelle 4, S.26)

Die Zulänglichkeit der während der ersten und der dritten Versuchsperiode angewandten Fütterung, geschätzt nach den auf die Nettoenergie gegründeten Futtereinheiten (sk) sowie nach meinen Fütterungsnormen, geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

	1. Versuchsperiode		3. Versuchsperiode	
	Nahrungsbedarf	Im Futter	Nahrungsbedarf	Im Futter
Futtereinheiten (sk)	8.94	8.84	8.12	8.00
Verdaul. Rohprotein	1 125 g	1 251 g	1 000 g	1 131 g
Trockensubstanz	13.4 kg	14.1 kg	12.6 kg	12.4 kg
Rohfaser	—	4.15 »	—	3.64 »
» in Trock.subst.	—	29.4 %	—	28.8 %
Kalzium	60—83 g	127 g	56—73 g	117 g
Phosphor	25—40 »	71 »	23—35 »	73 »

Die während der ersten Versuchsperiode wirklich verzehrte Nahrungsmenge ist um 0.10 geringer als der Nahrungsbedarf gewesen, während der dritten Periode ist sie um 0.12 geringer gewesen. Die Abweichungen sind unbeträchtlich. Im Durchschnitt hat die Gruppe ziemlich genau eine dem nettoenergiemässigen Nahrungsbedarf entsprechende Fütterung erhalten.

Die Menge an verdaulichem Rohprotein ist genügend, ja sogar etwas reichlich gewesen. Sie hat die Leistung nicht beeinflussen können. Die Kalzium- und die Phosphormenge sind ebenfalls reichlich oder also ungefähr gleicher Grössenordnung wie während der zweiten Periode gewesen. Dagegen haben sich die Trockensubstanzmenge und die Menge der in ihr enthaltenen Rohfaser auf einen bedeutend höheren Betrag als in der zweiten Periode belaufen. Diese Umstände haben die bei einer Fütterung nach der Nettoenergie erhaltene Milchleistung geradezu verschlechtern können. Doch sehen wir bisweiteres von diesem Sachverhalt ab und berechnen die Versuchsergebnisse auf die gewöhnliche Weise durch gegenseitigen Vergleich des Durchschnittsergebnisses der 1. und 3. Periode und des Ergebnisses der mittleren Periode. Die Milchleistungen sind 4 %ig berechnet.

	1. Periode	2. Periode	3. Periode	$2-\frac{1.+3.}{2}$
Milchleistung	14.08 kg	12.57 kg	11.86 kg	—0.40 kg
Lebendwicht	461.2 »	454.4 »	463.3 »	—8.9 »

Die Kühe produzierten also bei einer Fütterung nach dem auf die umsetzbare Energie gegründeten Futtereinheitssystem 0.40 kg 4 %ige Milch weniger als bei einer Fütterung nach dem auf die Nettoenergie gestützten System. Der Unterschied ist verhältnismässig gering, aber zu verstehen, wenn die oben angegebene grössere Trockensubstanzmenge der Fütterung und die in ihr enthaltene Rohfasermenge während der ersten und der dritten Periode berücksichtigt werden. Ausserdem ist der Unterschied von 8.9 kg im Lebendgewicht so gross, dass ein beträchtliches Abmagern der Tiere während der zweiten Periode sicher ist. Dies wird bestätigt durch die Tatsache, dass das Gewicht derjenigen Kühe, deren Milchleistung am wenigsten gelitten hat, am meisten gesunken ist. Die Kühe haben, mit anderen Worten, auf Kosten der Gewebe ihres Körpers Milch gegeben.

Auch das Ergebnis dieses versuchstechnisch am schwächsten gelungenen Versuches besagt, dass das auf die umsetzbare Energie Axelssons gestützte System für die Fütterung der Milchkühe eine schlechtere Grundlage abgibt als das auf die Nettoenergie gegründete. Zum mindesten unter den in den nordischen Ländern allgemeinen Verhältnissen führt es zu einer unzureichenden Fütterung. So eben hat es sich auch bei diesem Versuch verhalten.

Besprechung der Ergebnisse

Bei einem Vergleich der auf Axelssons umsetzbare Energie gegründeten Fütterungsnormen für Milchvieh mit den auf die Nettoenergie gegeründeten Normen sind in vier verschiedenen Fällen dreier Fütterungsversuche recht

verschiedene Ergebnisse erlangt worden. Die auf die umsetzbare Energie gestützte Fütterung hat gegenüber der auf die Nettoenergie gestützten die aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehenden Leistungsunterschiede gegeben.

	Veränderung der Milchleistung (4 %)	Veränderung des Lebensgewichts
Versuch Rn. III. 24	—1.4 kg	—7.4 kg
» Nr. 1, Gruppe II	—1.9 »	±0.0 »
» » 1, » III	+0.9 »	±0.0 »
» » 2	—0.4 »	—8.9 »

In drei von vier Fällen hat also der Übergang von der auf die Nettoenergie gegründeten Fütterung zu der auf die umsetzbare Energie gegründeten die Milchleistung herabgesetzt und in einem Falle gesteigert. Daneben sind die Kühe in zwei Fällen deutlich magerer geworden, aber in zwei Fällen ist das Gewicht unverändert geblieben. Da die Abnahme der Milchleistung in den verschiedenen Fällen ausserdem recht verschieden gross gewesen ist, erhebt sich die Frage, wodurch derartige verschiedene Ergebnisse bedingt sind.

Oben ist nebenbei auf das Füllen der Fütterung, d. h. auf die Trockensubstanzmenge als einen Faktor, der auf die Verwertung der Futtermittel einwirkt, hingewiesen worden. Schon in früher Phase hat Verfasser (1926) erwiesen, dass, wenn die gleiche b e r e c h n e t e Futtereinheitsmenge in verschieden grossen Futterrationen gegeben wird, so dass sie verschieden viel Trockensubstanz enthalten, unter praktischen Verhältnissen die beste Milchleistung mit der Futterration, in die am wenigsten Trockensubstanz eingeht, und die schlechteste Leistung mit der am meisten Trockensubstanz enthaltenden Futterration erhalten wird. Später hat Verfasser (1931) den Nachweis erbracht, dass die aus gleichen Futtermitteln in gleichen gegenseitigen Verhältnissen zusammengesetzten Futterrationen auf verschiedene Weise verdaut worden sind. Eine 2 ½ mal grössere Futtergabe ist deutlich schlechter als die geringere verdaut worden, soweit nur das Strohfutter auch in der kleineren Ration ausreichend gewesen ist, damit der Mechanismus des Wiederkäuens funktioniert hat. Wie Verfasser (1952) u. a. später gezeigt hat, beruht die schlechtere Verdaulichkeit grosser Futterrationen offenbar darauf, dass ihre Bestandteile gezwungen sind, schneller als die der kleineren oder also weniger Trockensubstanz enthaltenden Rationen durch die Verdauungsorgane verlaufen. Je voluminöser die Futterrationen sind, um die es sich handelt, um so deutlicher treten diese Erscheinungen hervor. — In letzter Zeit haben auch Paloheimo (1955) und Mäkelä (1956) durch ihre Untersuchungen weiteren guten Aufschluss über die in Rede stehenden Erscheinungen gegeben.

In der praktischen Milchviehfütterung handelt es sich meistens um das Geben einer bestimmten Futtereinheitsmenge in verschieden füllenden Futtermitteln oder um die sog. Konzentration der Fütterung. Diese pflegt man in Finnland als Futtereinheitskonzentration auszudrücken, wie JÄNNES (1922) es seinerzeit dargestellt hat. Dieses ziemlich grobe Konzentrationsmass ist dasselbe wie das Verhältnis zwischen der Gesamttrockensubstanzmenge des Futters oder der Futterration und ihrem Futtereinheitswert.

Wird unter Anwendung dieses Masses betrachtet, wie die Konzentration der Fütterung in den oben dargestellten Versuchen geschwankt hat, so ergibt sich die unten wiederzugebende Zusammenstellung (Tabelle Nr. 2). Darin stehen die Versuche in der Reihenfolge danach, wie gross und wie ausgerichtet die Reaktion in ihnen demzufolge gewesen ist, dass man von der auf die Nettoenergie gestützten Fütterung zu der auf die umsetzbare Energie gegründeten übergegangen ist. Bei jedem Falle wird die Veränderung in der Konzentration der Fütterung angegeben.

Tabelle 2.
Taulukko 2.

Fütterungsversuch *Ruokintakoe*	Futtereinheiten (skandinavisch) *Rehuyksiköitä (skandinavista)*		Futtereinheiten in 100 kg Tr. Subs. *Rehuyksiköitä 100 kg:ssa kuiv. ain.*		Veränderung *Muutos*	
	Normalgruppe *Vertailuryhmä*	Versuchsgruppe *Koeryhmä*	Normalgruppe *Vertailuryhmä*	Versuchsgruppe *Koeryhmä*	i. d. Konzentration *Väkevyydessä* — Einheiten *Yksikköä*	i. d. Milchleistung *Maitotuotoksessa* — kg
Versuch 1 (Gr. I u. Gr. II) *Koe 1 (Ryhmä I ja II)*	8.69	8.00	67.2	64.1	—3.1	—1.9
Rn. III 24 .... *Rn. III 24*	9.13	8.47	72.7	71.4	—1.3	—1.4
Versuch 2 — *Koe 2*	8.42	7.85	63.7	67.9	+4.3	—0.4
Versuch 1 (Gr. I u. Gr. III) *Koe 1 (r. I ja III)*	8.69	8.70	67.2	75.2	+8.0	+0.9

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass auch die Futtereinheitskonzentration offenbar an den erhaltenen Ergebnissen beteiligt gewesen ist, obschon sich gewiss die absoluten Mengen der Futtereinheiten (sk) ebenfalls darin auswirken. Unter Beachtung beider Sachverhalte lassen sich auf Grund der Tabelle folgende Schlüsse ziehen.

Ein Vergleich zwischen Gruppe I und II von Versuch Nr. 1 zeigt, dass sowohl die Menge der Nahrung, als Nettoenergie geschätzt, um etwa 0.7 FE(sk) als auch die Konzentration der Fütterung um etwa 3 Einheiten abgenommen hat. Die Folge davon ist eine Verminderung der Milchleistung

um 1.9 kg gewesen, was die Neuregelung der Fütterung nach je 10 Tagen angeregt hat.

Bei dem Versuch R. n. III. 24 verminderte sich die Nettoenergie der Futterration um ca. 0.6 FE(sk) und auch die Konzentration der Fütterung wenig, d. h. ca. 1. Einheit. — Die Leistung sank um 1.4 kg. (Ausserdem nahm auch das Lebendgewicht der Tiere ab.)

Bei dem Versuch Nr. 2 nahm die Nettoenergie der Futterration ebenfalls um ca. 0.6 FE(sk) ab, aber ihre Konzentration nahm beträchtlich zu. Dieser Sachverhalt hat — wahrscheinlich durch Verbessern der Verdaulichkeit der Futterration — die Abnahme der Milchleistung gehemmt, so dass sie bei 0.4 kg haltgemacht hat. (Zugleich hat sich allerdings das Lebendgewicht der Tiere stark vermindert.)

Ein Vergleich zwischen den Gruppen I und III des Versuchs Nr. 1 erweist, dass die von beiden Gruppen erhaltene Nettoenergiemenge gleich gewesen ist, obschon die Fütterung von Gruppe III in jeder Hinsicht den Normen Axelssons entspricht. Dazu gelangt man, wenn die Konzentration der Futterration stark steigt, wie in diesem Falle um 8 Einheiten. Da also die Nettoenergiemenge unverändert geblieben und die Konzentration der Futtergabe beträchtlich gestiegen ist, haben gute Voraussetzungen für eine Zunahme der Milchleistung bestanden. Sie hat sich denn auch unmittelbar zu vermehren begonnen, was durch das alle 10 Tage vorgenommene Einstellen der Fütterung auf die jeweilige Leistung gefördert worden ist.

Offenbar ist Axelsson auch sich selber über die Bedeutung der Futtereinheitskonzentration im klaren gewesen. Seine Rohfasernormen scheinen dafür zu sprechen. Sie reichen jedoch gar nicht aus. Das beweisen die Ergebnisse der oben beschriebenen Versuche. In ihnen allen hat man sich in den Grenzen der Rohfasernormen Axelssons gehalten, trotzdem ist aber die Fütterung in drei von vier Fällen deutlich unzureichend gewesen.

Die Auffassung, dass die Konzentration der Fütterung beträchtlich darauf einwirkt, wieweit eine nach den Normen Axelssons gegebene Fütterung der auf die Nettoenergie gegründeten entspricht oder wieweit sie sich von dieser unterscheidet, lässt sich gut beleuchten durch die Fütterungsbeispiele, die er für Milchkühe in seinem Handbuch »Nötkreaturens utfodring och skötsel» dargestellt hat. Es (1. Auflage) gibt 10 verschiedene Beispiele. In acht von ihnen sind die Futtermittel so genau definiert, dass es möglich gewesen ist, die in ihnen enthaltene Menge an Nettoenergie, d. h. Menge an skandinavischen Futtereinheiten, ziemlich genau zu berechnen. Derartige Berechnungen erweisen, dass, je höher die Konzentration der Fütterung ist, die umsetzbare Energie der Nettoenergie um so näher steht und, je niedriger die Konzentration ausfällt, sie um so weiter sich voneinander entfernen.

Die folgende Zusammenstellung (Tabelle 3) zeigt die Konzentration der für 18.0—22.5 kg (unter Beachtung der Grösse der Tiere) melkende Kühe vorgesehenen Futterrationen sowie den entsprechenden Unterschied zwischen dem auf die Nettoenergie gegründeten Nahrungsbedarf dieser Kühe und der Futtereinheitsmenge [FE (sk)] der von Axelsson dargestellen Futterrationen. — Die Beispiele sind in der Reihenfolge nach der Konzentration angefürt.

Tabelle 3.
Taulukko 3.

Beispiel *Esimerkki*	Milch-leistung *Maito-tuotos* kg	Lebend-gewicht *Elo-paino* kg	Konzentra-tion *Väkevyys*	Fehlbetrag der Fütterung Fe (sk) *Ruokinnan vajaus ry (sk)*	Grenzwerte (alle Klassen ohne Fötuszusätze) *Raja-arvot (kaikki luokat ilman sikiölisää)*
E	22.5	550	81.7	—0.2	—0.2 — —0.5
D	22.5	600	81.3	±0.0	±0.0 — —0.2
B	22.0	570	79.7	—0.4	—0.2 — —0.6
A	22.5	600	78.7	—0.4	—0.1 — —0.4
F	22.5	550	76.6	—0.6	—0.6 — —0.7
G	22.0	540	74.8	—0.8	—0.7 — —0.9
I	18.0	425	74.4	—0.6	—0.4 — —0.6
H	20.0	500	73.9	—0.9	—0.3 — —1.0

Die Ziffern erweisen — trotzdem sie summarisch sind — einfach nur, dass, je mehr zur Futterration Futtermittel gehören, aus denen im Zusammenhang mit der Verwertung in reichlichem Masse thermische Energie frei wird (z. B. Strohfuttermittel und Ensilagen), die auf umsetzbare Energie gegründete Fütterung um so mehr hinter der auf der Nettoenergie fussenden zurückbleibt. — Umgekehrt wiederum, je mehr zur Ration Futtermittel wie Kraftfutter, Hackfrüchte und die von diesen abfallenden Reste sowie z. B. künstlich getrocknetes Gras u. a. konzentrierte Futtermittel gehören, um so besser reicht das in die Erhaltungsfutternormen Axelssons eingehende Mehr an Futtereinheiten aus, die verhältnismässig geringe Menge an Wärmeenergie zu ersetzen, die im Zusammenhang mit der Verwertung dieser Futtermittel verlorengeht. Die Normen Axelssons können in einem derartigen Falle beinahe, ja sogar auch völlig ausreichend sein.

Da eine derartige Fütterung wenigstens in Finnland zu den seltenen Ausnahmefällen gehört und auch im Zusammenhang mit einer solchen das auf die Nettoenergie gegründete Futtereinheits- oder Stärkewertsystem wenigstens ebenso gut geeignet ist, so ist es unmöglich, einen Grund zu finden, der es erforderlich machte, zu dem auf die umsetzbare Energie gegründeten Futtereinheitssystem überzugehen, das bei Anwendung von weniger konzentrierten Futterrationen zu einer mehr oder weniger unzureichenden Fütterung führt.

Axelssons Bemerkung, dass für ein und dasselbe Futter je nach den Verhältnissen ein verschiedener Nettoenergiewert erhalten werden könne, ist gewiss zutreffend. Doch beruht das nicht auf der Bestimmungsmethode und auf der Einheit, sondern darauf, dass der Wert der Futtermittel wirklich wechselt. Dasselbe Schwanken tritt hervor, einerlei, mit welcher Einheit man den Nährwert zu messen versucht, soweit zugleich nicht festgelegt wird, unter welchen Verhältnissen die Bestimmung auszuführen ist oder ausgeführt worden ist.

Um im Rahmen der von mir vorgenommenen Untersuchungsaufgabe zu bleiben, ist es nicht meine Absicht, hier zu beurteilen, inwieweit bei Bestimmung der Nettoenergiewerte die Verhältnisse hinreichend umrissen und festgelegt worden sind, damit jegliche Fehler vermieden würden. Ich beschränke mich nur darauf, festzustellen, dass *das auf die Nettoenergie gegründete System bedeutend besser ist als das auf die umsetzbare Energie gegründete.* Dies liegt offenbar daran, dass die bei allen Lebensfunktionen entstehende thermische Energie dem Tiere nur bis zu der Grenze nützen kann, wie sie zur Aufrechterhaltung der für den Organismus spezifischen Körperwärme und also auch dazu benötigt, die Temperatur der verzehrten Futtermittel und des getrunkenen Wassers auf dieselbe Höhe zu steigern. Somit kann zum mindesten nicht die aus dem Produktionsfutter entstehende thermische Energie dem Organismus zum Nutzen gereichen, da das Erhaltungsfutter schon sogar wenigstens diesen Bedarf deckt. Nur die jedenfalls geringe Wärmemenge, die vielleicht erforderlich ist, das für die Produktion gegebene Futter und das von diesem notwendig gemachte verabreichte Trinkwasser auf die Körpertemperatur zu erwärmen, kann bisweilen dem Produktionsfutter entnommen werden und also dem Organismus zum Nutzen gereichen.

Es hat den Anschein, als hätten das Ausserachtlassen dieser Dinge und anderseits das Annehmen einer Art Wärmestimulanztheorie (Axelsson 1954), nach der alle im Körper entstehende Wärme dem Organismus von Nutzen wäre, Axelsson irregeleitet und ihn dazu bewegt, sein auf die umsetzbare Energie gegründetes System zu entwickeln.

Schlussfolgerungen

Der bei praktischen Milchproduktionsversuchen mit Milchkühen angestellte Vergleich zwischen den auf die umsetzbare Energie und dem auf die Nettoenergie gegründeten System und den Axelssonschen Fütterungsnormen sowie Verfassers Fütterungsnormen hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

1) Axelssons auf der umsetzbaren Energie fussendes Futtereinheitssystem und Fütterungsnormen haben in der Praxis in drei Fällen zur Herabsetzung der Milchleistung und daneben in zwei Fällen darüber hinaus zur Verminderung des Lebendgewichtes im Vergleich zu dem auf die Nettoenergie gegründeten Futtereinheitssystem und den entsprechenden Fütterungsnormen geführt. In nur einem Falle hat die Milchleistung zugenommen. Keiner dieser Fälle lässt einen Hinweis auf Überfütterung, wie Zunahme des Lebensgewischtes, erkennen.

2) In dem Falle, wo die Leistung beim Übergang zur umsetzbaren Energie zunahm, blieb die Nettoenergie der Futterration unverändert, aber die Konzentration der ganzen Futterration (das Verhältnis zwischen der Trockensubstanz und den von ihr vertretenen Futtereinheiten) stieg beträchtlich an.

3) Das auf die Nettoenergie gestützte Futtereinheitssystem und die dazugehörigen Fütterungsnormen entsprechen bei den verschiedenen Konzentrationen der Rationen — innerhalb der praktischen Grenzen — dem wirklichen Nahrungsbedarf der Milchkühe besser als die auf die umsetzbare Energie gegründeten Futtereinheiten [fe(i)] und Axelssons Fütterungsnormen. Je weniger konzentriert die Fütterung ist, um die es sich handelt, um so grösser ist das Nahrungsdefizit, das Axelssons Normen bedeuten. Das liegt offenbar an der thermischen Energie, die nach der Ansicht Axelssons dem Organismus des Tieres nützt, deren dem Produktionsfutter entsprechender Teil aber bei Bestimmung der Nettoenergie als Energieverlust gerechnet wird, was er zum mindesten grösstenteils auch ist.

4) Da aus konzentrierten Futtermitteln wenig thermische Energie entsteht und da Axelsson der Erhaltungsfutterbedarf der Kühe um mindesten 1.2 Futtereinheiten grösser berechnet als z. B. Verfasser, ist zu verstehen, dass sich eine stark konzentrierte Fütterung, nach Axelssons Normen berechnet, als genügend erweisen kann.

5) Die füllenden, groben Futtermittel, wie Stroh, Heu und Ensilagen, werden in Axelssons System so sehr überschätzt, dass die auf sie in beträchtlichen Masse gestützte, also weniger konzentrierte Fütterung, nach seinen Normen berechnet, für Milchkühe mehr oder weniger unzureichend ist.

Tabelle 4. Zusammensetzung der Futtermittel.
Taulukko 4. Rehujen koostumus.

Versuch *Koe*	Trockensubstanz *Kuiva-ainetta* %	Rohprotein *Raakaproteiinia* %	Reinprotein *Puhdasproteiinia* %	Rohfett *Raakarasvaa* %	N-freie extraktstoffe *N-ttomiä uuteaineita* %	Rohfaser *Raakakuitua* %	Asche *Tuhkaa* %	1 kg enthält fe (i) *1 kg:ssa fe (i)*	1 kg enthält Fe (sk) *1 kg:ssa ry (sk)*	Verd. Rohprotein *Sulavaa raakaproteiinia* %
Rn. III. 24										
Heu *Heinät*	83.00	6.97	5.94	2.16	38.89	28.43	6.55	0.65	0 45	4.04
Haferstroh *Kauranoljet*	85.00	4.23	3.72	1.98	35.96	35.45	7.38	0.50	0.28	1.57
Futterrüben *Turnipsit*	8.00	1.34	0.83	0.15	4.51	0.89	1.11	0.10	0.08	0.95
Weizenkleie *Vehnänleseet*	86.30	17.39	15.86	2.93	55.46	6.45	4.07	0.89	0.84	14.09
Hafermehl *Kaurajauhot*	85.90	12.90	11.98	4.94	55.71	8.33	3.93	0.87	0.85	10.32
Sojamehl *Soijajauhot*	88.38	44.89	43.01	0.73	30.46	5.85	6.45	1.08	1.14	40.85
Erdnusskuchen *Maapähkinäkakut*	86.64	46.37	45.02	3.14	26.51	5.20	5.42	1.04	1.12	40.81
Versuch Nr. 1 *Koe N:o 1*										
Heu *Heinät*	74.90	7.06	5.72	1.21	34.21	26.61	5.81	0.55	0.38	4.45
Haferstroh *Kauranoljet*	76.23	3.24	2.73	1.64	33.34	29.93	8.11	0.41	0.22	1.08
Futterzellulose *Rehuselluloosa*	85.50	0.19	—	0.75	15.77	68.38	0.40	0.81	0.77	—
Weizenkleie *Vehnänleseet*	87.09	15.89	14.41	4.37	55.06	6.74	5.03	0.88	0.83	13.82
Hafermehl *Kaurajauhot*	82.50	9.84	9.15	3.47	55.63	8.61	4.95	0.79	0.78	7.87
Sonnenblumensaatkuchen *Auringonkukkakakut*	91.43	37.48	36.28	7.73	24.17	14.61	7.44	1.04	1.09	34.48
Versuch Nr. 2 *Koe N:o 2*										
Heu (1. Per.) *Heinät*	84.70	8.75	7.04	1.54	36.84	31.30	6.27	0.62	0.43	5.37
Heu (2. Per.) *Heinät*	85.00	8.54	6.89	1.59	36.21	31.13	7.53	0.61	0.42	5.38
Heu (3. Per.) *Heinät*	84.95	7.97	6.25	1.58	33.99	33.69	7.72	0.60	0.39	5.02
Haferstroh (1. Per.) *Kauranoljet*	86.60	3.28	2.85	1.80	38.07	35.18	8.27	0.46	0.24	1.12
Haferstroh *(2. u. 3. P.)*	86.00	2.59	2.31	1.60	38.78	35.48	7.55	0.46	0.25	0.88
AIV-Futter [1]) *AIV-rehu*	16.58	2.31	1.58	0.94	5.96	5.95	1.42	0.14	0.10	1.62
» » [1])	18.53	2.43	1.52	0.92	7.03	6.08	2.06	0.15	0.11	1.70
» » [1])	23.38	3.44	2.28	1.40	8.92	7.52	2.10	0.195	0.14	2.41
Weizenkleie *Vehnänleseet*	84.74	13.57	12.14	3.99	53.34	8.76	5.08	0.83	0.78	11.81
Hafermehl *Kaurajauhot*	82.43	8.85	8.17	3.60	53.68	9.38	6.92	0.77	0.75	7.08
Sonnenblumensaatkuchen *Auringonkukkakakut*	89.27	34.67	34.40	5.45	26.91	15.18	7.06	0.96	1.02	31.90

[1]) Die Anwendung von verschiedenen A.I.V.-Futterarten entsprach ungefehr aber nicht genau den Perioden.

[1]) *Eri AIV-rehulajien käyttö vastasi suunnilleen, mutta ei tarkasti koejaksoja.*

Literatur

Axelsson, J. 1939. Die wissenschaftliche Grundlage des Stärkewerts. Tierernährung 11.

—»— 1940 a. Der Wert des Proteins im Verhältnis zu dem der Stärke im Tierfutter. Ibid. 12.

—»— 1940 b. Bedeutung und Wert der Rohfaser für das Futter des Rindes. Ibid. 12.

—»— 1940 c. Der Einfluss der Menge und Zusammensetzung der Trockensubstanz auf den Stoffwechsel und den Energieumsatz des Körpers bei Kellners Mastversuchen. Ibid. 12.

—»— 1940 d. Djurnäringens grunder. Del I—II. Nord. rotogravyrs handböcker för jordbrukare. Stockholm.

—»— 1943. Nötkreaturens utfodring och skötsel. Del I—II. Nord. rotogravyrs handböcker för jordbrukare. Stockholm.

—»— 1945. Stärkelsevärdets vetenskapliga underlag. K. lantbr. akad. tidskr. 84.

—»— & Eriksson, S. 1950. The availability of the method of determination by difference of the effect of individual feeds. K. lantbr. högsk. ann. 17.

—»— 1954. Die Modernisierung der Futtermittelbewertung. Festschrift anlässlich des 100 jährigen Bestehens der Landw. Versuchsst. Leipzig-Möckern II. Wiss. Abh. deut. Akad. d. Lndw. z. Berlin V/2.

Breirem, K. 1943 a. Proteinoptimum og energiutnyttelse hos svin. Nord. jordbr. forsk. 25.

—»— 1943 b. Proteinoptimum og energiutnyttelse hos svin II. Ibid. 25.

—»— 1944. Grunnlaget for fôrmiddelvurderingen. K. lantbr. akad. tidskr. 83.

Hansson, N. 1938. Husdjurens utfodring och vård. 7 uppl.

Jännes, J. 1922. Betydelsen av foderenhetskoncentrationen vid bedömandet av fodermedlens värde. Nord. jordbr. forsk. 3—4.

Møllgaard, H. 1939. Zur Frage der wissenschaftlichen Grundlage der Nettoenergiemessung. Biedermanns Zbl. B. Tierernährung 11.

Mäkelä, A. 1956. Studies on the question of bulk in the nutrition of farm animals with special references to cattle. Acta agr. fenn. 85.

Nordfeldt, S. 1959. Växttrådens inflytande på produktionen hos mjölkkor. K. lantbr. högsk. o. St. lantbr.förs. Husdj.förs. Medd. 70.

Paloheimo, L. & Mäkelä, A. 1955. The rate of passage of food in the digestive tract of ruminants. Maatal. tiet. aikak. 27.

Poijärvi, I. 1925. Suomalaisen lypsykarjan ravinnontarve käytännöllisten ruokintakokeiden valossa. Maatal. koel. tiet. julk. 26.

—»— 1926. Valmistavia tutkimuksia rehuannoksen suuruuden vaikutuksesta rehujen tuotantoarvoon. Valt. maatal. koetoim. julk. 6.

Poijärvi, I. 1931. Bidrag till frågan om inverkan av fodergivans storlek på fodermedlens produktionsvärde vid utfodring av idisslare. Intern. mejerikongr. 1931. Avh. 1—36. København.

—»— 1951. Är nettoenergin eller den omsättbara energin tillförlitligare som grundval vid värdering av fodrets näringsvärde och djurens näringsbehov. Nord. jordbr. forsk. 33.

—»— 1952. Orientierende Versuche über den Einfluss der Futtergrösse auf die Verweildauer der Futterbestandteile im Magen-Darmkanal der Wiederkäuer. Maatal. tiet. aikak. 24.

Selostus

Vertailevia kokeita muuntokelpoisen energian ja nettoenergian soveltuvuudesta lypsykarjan käytännöllisen ruokinnan perusteeksi

Ilmari Poijärvi

Maatalouden tutkimuskeskus, Kotieläinhoidon tutkimuslaitos
Tikkurila

Johdanto

Kellnerin tärkkelysarvo, Armsbyn therm ja Møllgaardin rehuyksikkö ovat tunnetusti nettoenergiaan perustuvia ravintoarvoyksiköitä. Ne on täysikasvuisia nautaeläimiä koe-eläiminä käyttäen määritetty respiraatiolaitteilla tai respiraatiokalorimetrilla. Skandinaavinen rehuyksikkö on periaatteessa myös nettoenergiayksikkö, mutta sen perusteet on saatu käytännöllisistä maidon- tai lihantuotantokokeista. Näissä rehujen vaikutusta tuotannon runsauteen on verrattu keskenään. Yksikkönä on 1 ohra-kg:n ravintoarvo. Saatuja tuloksia on kuitenkin tarkistettu myöhemmin menetelmin, joihin perusteet on saatu mainittujen respiraatiokokeiden tuloksista.

Joitakin vuosia sitten kuollut Axelsson suhtautui lukuisissa julkaisuissaan (esim. 1939, 1940 a, b, c ja d, 1943, 1945, 1950 sekä 1954) hyvin kriitillisesti nettoenergiaan. Kellnerin, Fingerlingin ja Møllgaardin respiraatiokokeiden tuloksia tilastollisesti käsittelemällä hän katsoi osoittaneensa, että käytetty respiraatiokoemenetelmä ei voi antaa luotettavia tuloksia.

Ravintoarvoyksikön perusteeksi Axelsson esitti muuntokelpoista energiaa. Muuntokelpoisella energiallahan tarkoitetaan sitä osaa rehun tai rehuannoksen bruttoenergiasta, joka jää jäljelle kun siitä vähennetään ruumiista kemiallisena energiana poistuva osa. Sen selville saamiseksi on siis vain määritettävä rehun bruttoenergia sekä lannan, virtsan ja mahdollisesti suolistokaasujen energia, jotka vähennetään bruttoenergiasta. Jos kysymys on tuottavasta eläimestä, on myös maidon, munien jne. energia otettava huomioon.

Muuntokelpoiseen energiaan kuuluu siis myös terminen energia, jolla tarkoitetaan sitä lämpömäärää, mikä ruumiissa vapautuu aineenvaihdunnan yhteydessä. Axelssonin käsityksen mukaan terminenkin energia kokonaisuudessaan hyödyttää elimistöä. Nettoenergian kannattajat taas katsovat, että vain se osa termisestä energiasta, mikä tarvitaan ylläpitämään normaali lämpötila eläinruumiissa, voi olla hyödyksi eläimelle. Muu osa on energiatappiota, joka tarpeettomana on poistettava. Kun nyt elatusrehu jo kaikin puolin, siis lämmönkin suhteen täyttää tuottamattoman eläimen vaatimukset, niin ei yli elatusrehun annetusta — siis tuotantorehua vastaavasta — ravinnosta syntyvä terminen energia voi olla hyödyksi organismille, vaan

se on energiatappiota. Kun nettoenergialla halutaan ilmaista rehujen ravintovaikutus juuri tuotannossa, on rehujen terminen energia liitettävä energiatappioihin yhtä hyvin kuin lannan, virtsan ja suolistokaasujen sisältämä energiakin.

Koska eri eläimet käyttävät samoja rehuja eri lailla hyväkseen, Axelssonilla on oma rehuyksikköjärjestelmä lypsylehmiä ja muita märehtijöitä varten. Sen yksikkönä on 1 rehuyksikkö märehtijöitä varten eli alkukielellä: 1 foderenhet för idisslare [fe(i)]. Tätä merkintää käytetään tässä julkaisussa.

Kuten skandinaavisessa rehuyksikköjärjestelmässä on Axelssonin rehuyksikköjärjestelmässäkin 1 kg ohria eli oikeammin sen sisältämä määrä muuntokelpoista energiaa perusteena. Muiden rehujen rehuyksikköarvo määräytyy järjestelmässä sen mukaan, miten paljon ne sisältävät muuntokelpoista energiaa suhteessa ohriin.

Käsikirjassaan »Nötkreaturens utfodring och skötsel» I ja II hän julkaisi laajat rehutaulukot, joissa jokaisen rehun kohdalla ilmoitetaan, montako fe(i):tä 1 kg:ssa rehua on. Edelleen on tiedot seuraavista ravintoainepitoisuuksista: 1) kuiva-aine-%, 2) sulava raakaproteiini-%, 3) raakakuitu-%, 4) kalsium-% ja 5) fosfori-%. Nämä tiedot ovat välttämättömät, jotta rehuannokset voitaisiin paitsi suunnitella asianomaiselle eläimelle riittävän runsaaksi myös »tasapainottaa» joka suhteessa sellaisiksi, että ne vastaavat Axelssonin normeja. Lypsykarjaa varten Axelsson esittää normit samassa käsikirjassa.

Taulukosta n:o 4 on seuraavaan otettu näytteeksi eri tyyppisiä rehuja, joille rehuyksikköarvot on laskettu sekä Axelssonin tapaan että Hanssonin tavalla nettoenergian pohjalla.

	AXELSSONin mukaan	HANSSONin mukaan
Maapähkinäkakut	1.04 ry [fe(i)]/1 kg	1.12 ry (sk)/1 kg
Kaurajauhot	0.87 » »	0.85 » »
Vehnänleseet	0.89 » »	0.84 » »
Turnipsit	0.10 » »	0.08 » »
Apilatimotei-AIV-rehu	0.15 » »	0.11 » »
Heinät	0.65 » »	0.45 » »
Kauranoljet	0.50 » »	0.28 » »

Väkirehujen suhteellinen ravintoarvo on kummassakin järjestelmässä lähipitäen sama. Mitä täyttävämmistä ja vaikeammin sulavista rehuista on kysymys, sitä enemmän arvot eroavat toisistaan. Axelssonin mukaan tällaisten rehujen ravintoarvo ohriin verrattuna on paljon suurempi kuin skandinaavisen tai Møllgaardin rehuyksikköjärjestelmän mukaan. Sama koskee myös tärkkelysarvojärjestelmää.

Maidontuotantokokeet muuntokelpoisen ja nettoenergian vertaamiseksi

Jotta olisi päästy selvyyteen, missä määrin muuntokelpoinen energia ja siihen perustuvat Axelssonin normit johtavat ruokintaan, joka takaa lypsylehmille riittävän ravinnon ja antaa vähintään yhtä hyvän maidontuotannon kuin nettoenergiaan perustuva entinen järjestelmämme, järjestettiin kolme maidontuotantokoetta. Ne johtivat seuraaviin tuloksiin:

	Maitotuotoksen (4 %) muutos	Elopainon muutos
Koe R.n. III. 24	—1.4 kg	—7.4 kg
» n:o 1, ryhmä II	—1.9 »	±0.0 »
» » 1, » III	+0.9 »	±0.0 »
» » 2	—0.4 »	—8.9 »

Kolmessa tapauksessa neljästä siirtyminen nettoenergiaan perustuvasta ruokinnasta muuntokelpoiseen energiaan perustuvaan ruokintaan on siis vähentänyt maitotuotosta ja yhdessä tapauksessa sitä lisännyt. Tämän ohessa lehmät kahdessa tapauksessa ovat selvästi laihtuneet, mutta kahdessa tapauksessa paino taas on jäänyt ennalleen. Kun maitotuotoksen väheneminen eri tapauksissa on lisäksi ollut melko erisuuri, herää kysymys, mistä tällaiset erilaiset tulokset johtuvat.

Eräissä aikaisemmin suorittamissani tutkimuksissa olen osoittanut, että ruokinnan täyttävyys, so. lähinnä kuiva-ainemäärä on yksi tekijä, joka vaikuttaa rehuista saatuun maitotuotokseen. Jo varhaisessa vaiheessa (1926) osoitin, että jos sama l a s k e t t u rehuyksikkömäärä annetaan eri suurina rehuannoksina, niin että kuiva-ainetta niissä on eri paljon, niin käytännön olosuhteissa paras maitotuotos saadaan rehuannoksella, jossa on vähiten kuiva-ainetta, huonoin tuotos eniten kuiva-ainetta sisältävällä rehuannoksella. Myöhemmin (1931) osoitin, että samoista rehuista samoissa keskinäisissä suhteissa kokoonpannut rehuannokset sulivat eri tavalla. 2 ½ kertaa suurempi rehuannos suli selvästi huonommin kuin pienempi, jos vain korsirehua oli pienemmässäkin annoksessa riittävästi, jotta märehtimismekanismi toimi. Kuten mm. tekijä (1952) myöhemmin on osoittanut, suurten rehuannosten huonompi sulavuus johtuu ilmeisesti siitä, että niiden aineosien on pakko kulkea nopeammin ruoansulatuselinten läpi kuin pienempien l. vähemmän kuiva-ainetta sisältävien. Mitä tilaaottavammista rehuannoksista on kysymys, sitä selvempinä nämä ilmiöt tulevat näkyviin. — Viime aikoina myös PALOHEIMO (1955) ja MÄKELÄ (1956) ovat tutkimuksillaan luoneet hyvää lisävalaistusta kyseisiin ilmiöihin.

Käytännöllisessä lypsykarjanruokinnassa tulee yleisimmin kysymykseen tietyn rehuyksikkömäärän antaminen eri täyttävissä rehuissa eli ns. ruokinnan väkevyyskysymys. Tämä on tapana Suomessa ilmaista rehuyksikköväkevyytenä, kuten JÄNNES (1922) aikoinaan esitti. Tämä melko karkea väkevyyden mitta on samaa kuin suhde rehun tai rehuannoksen kokonaiskuiva-ainemäärän ja sen rehuyksikköarvon välillä.

Jos tätä mittaa käyttäen tarkastellaan, miten ruokinnan väkevyys on vaihdellut edellä esitetyissä kokeissa, päädytään taulukossa n:o 2 olevaan yhdistelmään. Siihen kokeet on asetettu siinä järjestyksessä, miten suuri ja minkä suuntainen reaktio niissä on ollut seurauksena, kun nettoenergiaan perustuvasta ruokinnasta on siirrytty muuntokelpoiseen energiaan perustuvaan. Jokaisen tapauksen kohdalla ilmoitetaan ruokinnan väkevyyden muutos.

Taulukosta n:o 2 selviää, että rehuyksikköväkevyydelläkin on ilmeisesti ollut osansa saatuihin tuotoksiin, joskin tietenkin rehuyksikköjen (sk) absoluuttiset määrät ovat myös vaikuttamassa.

Molemmat seikat huomioon ottaen taulukon perusteella voidaan tehdä seuraavat päätelmät.

Vertailu kokeen n:o 1 ryhmien I ja II välillä osoittaa, että sekä ravinnon määrä arvioituna nettoenergiana on vähentynyt n. 0.7 ry (sk), että ruokinnan väkevyys on vähentynyt n. 3 yksiköllä. Seurauksena on ollut 1.9 kg:n suuruinen maitotuotoksen väheneminen, jota on kiihdyttänyt ruokinnan uudelleen järjestäminen aina 10 pv:n kuluttua.

Kokeessa R.n. III. 24 rehuannoksen nettoenergia väheni n. 0.6 ry (sk) ja ruokinnan väkevyyskin vähän eli n. 1 yksikön verran. Tuotos laski 1.4 kg. (Lisäksi myös eläinten elopaino väheni.)

Kokeessa n:o 2 rehuannoksen nettoenergia väheni niin ikään n. 0.6 ry(sk), mutta sen väkevyys huomattavasti lisääntyi. Tämä seikka on — todennäköisesti rehuannoksen sulavuutta parantamalla — siinä määrin jarruttanut maitotuotoksen

vähenemistä, että tämä on pysähtynyt 0.4 kg:aan. (Samalla tosin eläinten elopaino huomattavasti väheni.)

I ja III ryhmän vertailu kokeessa n:o 1 osoittaa, että molempien ryhmien saama nettoenergiamäärä on ollut sama, vaikka ryhmän III ruokinta vastaa kaikin puolin AXELSSONin normeja. Niin voi käydä, jos rehuannoksen väkevyys voimakkaasti nousee, kuten tässä tapauksessa 8 yksikköä. Kun siis nettoenergiamäärä on pysynyt ennallaan ja rehuannoksen väkevyys huomattavasti noussut, on ollut hyvät edellytykset maitotuotoksen lisääntymiselle. Se onkin välittömästi alkanut lisääntyä, mitä on kiihdyttänyt joka 10. päivä suoritettu ruokinnan tarkistus tuotosta vastaavaksi.

AXELSSON on ilmeisesti itsekin ollut selvillä rehuyksikköväkevyyden merkityksestä. Hänen raakakuitunorminsa näyttävät todistavan sitä. Ne eivät kuitenkaan ollenkaan riitä. Sitä todistavat edellä selostettujen kokeiden tulokset. Kaikissa niissä on pysytty AXELSSONin raakakuitunormien rajoissa, mutta siitä huolimatta ruokinta kolmessa tapauksessa neljästä on ollut selvästi riittämätön.

Käsitys, että ruokinnan väkevyys huomattavasti vaikuttaa siihen, missä määrin AXELSSONin normien mukainen ruokinta vastaa nettoenergialle perustuvaa ruokintaa tai missä määrin siitä eroaa, saa hyvää valaistusta niistä ruokintaesimerkeistä, joita hän on lypsylehmiä varten esittänyt käsikirjassaan »Nötkreaturens utfodring och skötsel». Siinä (1. painoksessa) on 10 esimerkkiä. Kahdeksassa niistä rehut on määritelty siksi täsmällisesti, että on ollut mahdollista melko tarkasti laskea niiden sisältämä nettoenergiamäärä, ts. skandinavisten rehuyksiköiden määrä. Tällaiset laskelmat osoittavat, että mitä suurempi ruokinnan väkevyys on, sitä lähempänä muuntokelpoinen energia on nettoenergiaa, ja mitä pienempi väkevyys, sitä kauempana ne ovat toisistaan.

Taulukkoon n:o 3 on otettu 18.0—22.5 kg (lehmien koko huomioon ottaen) lypsäville lehmille tarkoitettujen rehuannosten väkevyys sekä vastaava ero noiden lehmien nettoenergian mukaisen ravinnontarpeen ja AXELSSONin esittämien rehuannosten rehuyksikkömäärän (sk) välillä. — Esimerkit ovat väkevyyden mukaisessa järjestyksessä.

Numerosarjat osoittavat summittaisuudestaan huolimatta, että mitä enemmän rehuannokseen kuuluu rehuja, joista hyväksikäytön yhteydessä vapautuu runsaasti termistä energiaa (korsirehut ja säilörehut esim.), sitä enemmän muuntokelpoiseen energiaan perustuva ruokinta jää jälkeen nettoenergiaan perustuvasta ruokinnasta. Päinvastoin taas mitä enemmän rehuannokseen kuuluu sellaisia rehuja kuin väkirehuja, juureksia ja näistä saatuja jätteitä sekä esim. keinotekoisesti kuivattua ruohoa ym. väkevöityjä rehuja, sitä paremmin AXELSSONin elatusrehunormeissa oleva rehuyksikkölisä riittää korvaamaan sen suhteellisen pienen lämpöenergiamäärän, mikä näiden rehujen hyväksikäytön yhteydessä joutuu hukkaan. AXELSSONin normit voivat tällaisessa tapauksessa olla melkein, jopa täysinkin riittävät.

Kun tällainen ruokinta ainakin Suomessa kuuluu aniharvinaisiin poikkeustapauksiin, ja sellaisenkin yhteydessä nettoenergiaan perustuva rehuyksikkö- tai tärkkelysarvojärjestelmä soveltuu vähintään yhtä hyvin, on mahdoton löytää syytä, joka kehoittaisi siirtymään muuntokelpoiseen energiaan perustuvaan rehuyksikköjärjestelmään. Sehän täyttävämpää ruokintaa käytettäessä johtaa enemmän tai vähemmän riittämättömään ravintomäärään.

AXELSSONin huomautus, että samalle rehulle voidaan olosuhteista riippuen saada erilainen nettoenergia-arvo, pitää tietenkin paikkansa. Se ei kuitenkaan johdu määritystavasta ja yksiköstä, vaan siitä, että rehujen arvo todella vaihtelee. Sama

vaihtelu tulee esiin yritettiinpä rehujen ravintoarvo mitata millä yksiköllä tahansa, ellei samalla määritellä missä olosuhteissa määritys on suoritettava ja suoritettu.

Pysyäkseni valitsemani tutkimusaiheen piirissä tarkoitukseni ei ole lähteä arvioimaa, missä määrin nettoenergia-arvoja määritettäessä olosuhteet on riittävässä määrässä rajoitettu ja määritelty, jotta kaikista virheistä olisi vältytty. Rajoitun vain toteamaan, että nettoenergiaan perustuva järjestelmä on huomattavasti parempi kuin muuntokelpoiseen energiaan perustuva. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että kaikissa elintoiminnoissa syntyvä terminen energia voi hyödyttää eläintä vain siihen rajaan saakka, kuin sitä tarvitaan elimistölle ominaisen ruumiin lämmön ylläpitämiseen ja siis myös syötyjen rehujen ja juodun veden lämpötilan nostamiseen samaan lämpötilaan. Näin ollen ei ainakaan tuotantorehusta syntyvä terminen energia voi olla elimistölle hyödyksi, koska elatusrehu jo vähintäänkin tyydyttää sanotun tarpeen. Vain se joka tapauksessa melko pieni lämpömäärä, mikä ehkä tarvitaan tuotantoa varten annetun rehun ja tämän vaatiman lisääntyneen juomaveden lämmittämiseksi ruumiin lämpöön, voidaan ottaa tuotantorehusta ja voi siis koitua elimistölle hyödyksi.

Johtopäätökset

Lypsylehmillä suoritetuissa käytännöllisissä maidontuotantokokeissa tehty vertailu muuntokelpoiseen energiaan ja nettoenergiaan perustuvien rehuyksikköjärjestelmien ja AXELSSONin ruokintanormien sekä tekijän ruokintanormien välillä on johtanut seuraaviin tuloksiin:

1) AXELSSONin muuntokelpoiseen energiaan perustuva rehuyksikköjärjestelmä ja ruokintanormit ovat käytännössä johtaneet kolmessa tapauksessa maitotuotoksen vähenemiseen ja sen ohessa kahdessa tapauksessa vielä elopainon vähenemiseen verrattuna nettoenergiaan perustuvaan rehuyksikköjärjestelmään ja ruokintanormeihin. Yhdessä tapauksessa maidontuotanto lisääntyi. Missään näistä tapauksista ei ole esiintynyt liikaruokintaan viittaavaa, kuten elopainon nousua.

2) Tapauksessa, jossa tuotos muuntokelpoiseen energiaan siirryttäessä lisääntyi, rehuannoksen nettoenergiamäärä jäi ennalleen, mutta koko rehuannoksen väkevyys (suhde kuiva-aineen ja sen edustamien rehuyksiköiden välillä) huomattavasti lisääntyi.

3) Nettoenergiaan perustuva rehuyksikköjärjestelmä ja ruokintanormit vastaavat ruokinnan erilaisissa väkevyysasteissa — käytännöllisissä rajoissa — paremmin lypsylehmien todellista ravinnontarvetta kuin muuntokelpoiseen energiaan perustuvat rehuyksiköt [fe(i)] ja AXELSSONin ruokintanormit. Mitä vähemmän väkevöidystä eli täyttävämmästä ruokinnasta on kysymys, sitä suurempaa ravintovajausta AXELSSONin normit tietävät. Syynä on ilmeisesti terminen energia, jonka AXELSSON olettaa kokonaisuudessaan hyödyttävän eläimen elimistöä, mutta josta tuotantorehua vastaava osa nettoenergiaa määritettäessä lasketaan energiatappioksi, jota se ilmeisesti ainakin pääosaltaan onkin.

4) Kun väkevistä rehuista syntyy vähän termistä energiaa ja kun AXELSSON laskee lehmien energiaelatustarpeen vähintään 1.2 rehuyksikköä suuremmaksi kuin esim. tämän tekijä, on ymmärrettävää, että hyvin väkevä ruokinta laskettuna AXELSSONin normien mukaan voi osoittautua riittäväksi.

5) Täyttävät, karkeat rehut, kuten oljet, heinät ja säilörehut tulevat AXELSSONin järjestelmässä siksi suuresti yliarvioiduiksi, että niihin huomattavassa määrässä perustuva, siis vähemmän väkevöity ruokinta, on hänen normiensa mukaan laskettuna enemmän tai vähemmän riittämätöntä lypsylehmille.